

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1939

N°

THÈSE 1306

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Paul FRAQUET

Né le 3 Juillet 1912 à Paris

**Contribution au Développement
de la Chimie aux Armées
durant la guerre de 1914-1918**

Président : M. VILLARET, Professeur

IMPRIMERIE ARTISTIQUE MODERNE

A. LAPIED

24, rue Monsieur-le-Prince VI

1939

1366

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Année 1939

N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Paul FRAQUET

Né le 3 Juillet 1912 à Paris

Contribution au Développement de la Chimie aux Armées durant la guerre de 1914-1918

Président : M. VILLARET, Professeur

IMPRIMERIE ARTISTIQUE MODERNE

A. LAPIED

24, rue Monsieur-le-Prince VI.

1939

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIERE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	POLONOVSKI.
Bactériologie	Robert DEBRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générale	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	ABRAMI.
Pathologie chirurgicale	MONDOR.
Anatomie pathologique	LEROUX.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	HARVIER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY
	LOEPER.
Clinique médicale	CARNOT.
	CLERC.
	Marcel LABBE.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNEO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GREGOIRE.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	CHEVASSU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	JEANNIN.
	LEVY-SOLAL.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	M. VILLARET
Clinique de la Tuberculose	TROISIER.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
Clinique cardiologie	LAUBRY.
Clinique de neuro-chirurgie	Clovis VINCENT.
Clinique d'Assistance Médico-sociale	N...
	HAZARD.
	HOVELACQUE.
Professeurs sans chaire	MULON.
	OLIVIER.
	SANNIE.
	VERNE.



II. AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

AMELINE Pathologie chirurgicale.
 BARIETY Pathologie médicale.
 BENARD (H.) . Pathologie médicale.
 BERNARD (E.) . Pathologie médicale.
 BESANÇON (J.) Hydrologie.
 BOULIN Pathologie médicale.
 BULLIARD Histologie.
 CATHALA Pathologie médicale.
 CHEVALLIER .. Pathologie médicale.
 COSTE Pathologie médicale.
 DOGNON Physique.
 FEY Urologie.
 FUNCK Pathologie chirurgicale.
 GALLIARD Parasitologie.
 GASTINEL Bactériologie.
 DE GAUDART
 D'ALLAINES Pathologie chirurgicale.
 GAYET Physiologie.
 DE GENNES ... Pathologie médicale.
 GIROUD Histologie.
 HAGUENAU .. Pathologie médicale.
 HALPHEN Oto-rhino-laryngologie.
 HUGUENIN ... Anatomie pathologique.
 JOANNON Hygiène.
 LACOMME Obstétrique.

MM.

LANTUEJOUL . Obstétrique.
 LAROCHE (Guy) Pathologie médicale.
 LAVIER Parasitologie.
 LELONG Pathologie médicale.
 LEMAIRE Pathologie expérimentale.
 LEVEUF Pathologie chirurgicale
 Mlle J. LEVY .. Pharmacologie.
 LEVY-VALENSI. Neurologie et Psychiatrie.
 MENEGAUX ... Pathologie chirurgicale.
 MOLLARET ... Pathologie médicale.
 MOREAU Pathologie médicale.
 MOULONGUET . Pathologie chirurgicale.
 MOUQUIN Pathologie médicale.
 PETIT-
 DUTAILLIS Pathologie chirurgicale.
 PIEDELIEVRE .. Médecine légale.
 PORTES Obstétrique.
 RENARD Ophtalmologie.
 RICHTER Physiologie.
 SENEQUE Pathologie chirurgicale.
 TURPIN Pathologie médicale.
 VIGNES Obstétrique.
 WILMOTH Pathologie chirurgicale.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE pour le service des examens

MM.

ALGLAVE Pathologie chirurgicale.
 BUSQUET Pharmacologie.
 CHAILLEY-BERT Physiologie.
 GUENIOT Obstétrique.
 HEITZ-BOYER . Pathologie chirurgicale.

LARDENNOIS .. Pathologie chirurgicale.
 LE LORIER ... Obstétrique.
 NEVEU-LEMAIRE. Parasitologie.
 SCHWARTZ .. Pathologie chirurgicale.
 VAUDESCAL . Obstétrique.

VI. — AGREGES, CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent.

MM.		MM	
ALAJOUANINE .	Clinique médicale.	BASSET	Clinique chirurgicale.
AUBERTIN		BROCQ	
BRULE		CADENAT	
CHABROL		GATELLIER. . .	
DONZELOT . . .		MOURE	
DUVOIR		QUENU	
LIAN		VELTER	
PASTEUR-VAL- LERY-RADOT			
SEZARY			

MM.	
ECALLE	Clinique obstétricale.
METZGER	

V. — CHARGÉS DE COURS

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé .	Education physique
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique
RUPPE	Stomatologie
WEIL-HALLE	Puériculture

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PERE

*Qui m'a donné ses conseils si précieux
dans le choix et l'élaboration de
cette thèse.*

Témoignage de ma profonde gratitude.

A MA MERE

A MES FRERES

A MES PARENTS ET AMIS

A MON PRESIDENT DE THESE ET MON MAITRE

Monsieur le Professeur VILLARET

Professeur de Clinique Médicale
à la Faculté de Médecine

Médecin de l'Hôpital Broussais-La Charité
Membre de l'Académie de Médecine

Témoignage de respectueuse reconnaissance et de profonde gratitude.

A MES MAITRES
DANS LES HOPITAUX DE PARIS

A Monsieur le Professeur Agrégé Anselme SCHWARTZ

Professeur Agrégé à la Faculté
Ex-Chef de Laboratoire à l'Hôpital Cochin
Officier de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre

A Monsieur le Docteur TIXIER

Médecin de l'Hôpital des Enfants-Malades
Officier de la Légion d'Honneur
Officier de l'Instruction Publique

A Monsieur le Professeur Agrégé HAGUENAU

Professeur Agrégé à la Faculté
Médecin de l'Hôpital Tenon
Officier de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre

A Monsieur le Docteur WEISSENBACH

Médecin de l'Hôpital Saint-Louis
Officier de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre

A Monsieur le Professeur Agrégé JUSTIN-BESANÇON

Professeur Agrégé à la Faculté
Officier de la Légion d'Honneur
Médecin de l'Hôpital Broussais-La Charité

A Monsieur le Docteur LEMELAND

(In memoriam)

A Monsieur le Professeur Agrégé HEITZ-BOYER

Professeur à la Faculté de Médecine
Chirurgien honoraire de l'Hôpital Lariboisière
Officier de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre

INTRODUCTION

Il nous semble intéressant de citer, comme introduction à cette étude sur la Chimie aux armées, les paroles de M. Breton, ancien sous-secrétaire d'Etat aux Inventions intéressant la Défense nationale :

« Ceux, qui se sont le plus grossièrement trompés autrefois sur la guerre moderne, qui ont le moins bien su discerner ce que serait le grand conflit mondial, peuvent invoquer l'ignorance, le manque de donnée précise, l'absence d'expérience, l'impossibilité de prévoir dans toute sa complexité la répercussion des nouveaux facteurs qui jouèrent dans la bataille, un rôle si considérable.

« Mais sans aucune excuse, sans l'ombre d'une justification, seraient maintenant ceux qui refuseraient de tenir compte de la terrible et éclatante expérience, qui vient d'être faite au prix de tant de douleurs, de souffrances et de morts.

« Bien coupables seraient ceux, qui refuseraient de se rendre à l'évidence et de voir, pour en tirer toutes ses conséquences, la lumineuse démonstration des faits. »

L'importance primordiale de la science dans toutes ses ramifications, sciences physiques et chimiques, de la technique industrielle dans tous ses domaines, s'est affirmé au cours de la guerre, avec une telle force, une si absolue évidence, qu'il n'est plus possible de la méconnaître et de la négliger.

Pourtant rien n'ayant été prévu, il fallut tout improviser au cours de la guerre dans les conditions les plus difficiles et les plus précaires.

Nul n'avait songé à envisager une fabrication de canons, de mitrailleuses ou de fusils pendant la guerre; même pas la continuation de la production des poudres et explosifs, dont les approvisionnements, quelques milliers de coups par pièce, devaient amplement suffire à tous les besoins; on ne s'était nullement par suite préoccupé de ce fait, qui fut à certains moments angoissant; que les matières premières de nos plus importants explosifs venaient en grande partie de l'étranger et principalement d'Allemagne.

Dans ces conditions, il est naturel, qu'on ait encore bien moins songé aux armes nouvelles, que pourrait imposer l'évolution de la guerre, aux innovations d'engins de combat imprévus, aux inventions, aux études techniques, aux recherches scientifiques.

Il eut semblé à beaucoup, du dernier ridicule, de songer à inventer pendant la guerre, et pour la guerre, d'envisager l'organisation de recherches techniques et d'expériences de Laboratoire.

Aussi, dès la déclaration de guerre, le peu que nous avions comme services techniques, militaires ou civils furent instantanément désorganisés par la mobilisation, et il fallut, par la suite, péniblement les reconstituer, les développer, les coordonner.

Il ne faut jamais perdre de vue, qu'un des facteurs essentiels de la supériorité d'une armée est d'être toujours techniquement et scientifiquement en avance sur l'adversaire.

C'est dire l'importance capitale, que présente pour la sécurité et l'avenir de notre pays, l'organisation de nos services techniques et scientifiques, la constitution de nos corps de savants, d'ingénieurs, de nos techniciens, de nos chimistes.

Si les problèmes, que la guerre a posés aux chimistes, sont fort nombreux et d'une très grande variété, il existe, nous dit le Professeur Moureu, entre la plupart d'entre eux, une étroite solidarité, quant aux disponibilités en matières premières et aux moyens de réalisation.

Il en résulte que leur classification ne peut être qu'assez artificielle et arbitraire.

I

CHIMIE ET METALLURGIE

On considère généralement que la métallurgie est une branche de l'industrie n'ayant avec la chimie que de vagues rapports, c'est une grande erreur.

La chimie joue dans la métallurgie un rôle essentiel.

D'une part, elle constitue le fondement de tous les procédés d'extraction et de transformation des métaux; d'autre part, elle permet par les méthodes d'analyse chimique, d'identifier les produits obtenus comme les matières premières employées et de contrôler les résultats fournis par les méthodes de travail adoptées, conditions, qui sont indispensables pour la réalisation d'une marche rationnelle.

Pendant la guerre, la métallurgie a joué un rôle capital, ayant à pourvoir aux besoins sans cesse croissants de l'artillerie, tant en canons, qu'en munitions.

La pénurie des matières premières imposait l'obligation de tirer parti de tout.

Avant la guerre, on employait pour fabriquer les canons et les projectiles, les fontes les plus pures, fabriquées avec les minerais de Suède; ne recevant plus ces matériaux, il a fallu les remplacer par d'autres de qualité plus ordinaire et d'ailleurs essentiellement variables; c'est ce qui n'a pu être fait que grâce à un emploi cons-

tant et judicieux des méthodes chimiques de contrôle, qui, après quelques tâtonnements inévitables, ont permis d'arriver au but.

C'est là un résultat, qu'il est difficile de présenter comme une innovation sensationnelle et dont, cependant, l'utilité a été considérable.

D'autres améliorations de travail ont eu également d'heureuses conséquences. ainsi on connaissait incontestablement, depuis un certain temps, les propriétés des aciers spéciaux, au chrome, au nickel, au tungstène; quand il a fallu cuirasser les chars d'assaut pour les protéger au moins contre les balles, sans cependant les alourdir par trop, quand il a fallu alléger les moteurs d'avion, tant en augmentant leur puissance, leur permettre de fonctionner régulièrement dans les conditions de température les plus diverses, certains parties, comme les soupapes, étant constamment à la température du rouge, tandis que d'autres parties descendaient à moins 30° et moins 40°, on a dû reprendre l'étude minutieuse des alliages de compositions diverses, afin de déterminer le métal le plus convenable pour chaque emploi particulier.

L'effet de ces études, dont on pourrait multiplier les exemples, a été d'accroître graduellement dans la proportion que l'on connaît, l'efficacité des diverses parties de notre armement.

II

CHIMIE ET EXPLOSIFS

La chimie des substances explosives suit naturellement la chimie métallurgique; la plupart de ces substances sont constituées par des matières organiques nitrées.

La nitration s'effectue par l'action de l'acide nitrique en présence d'acide sulfurique, employé généralement en grand excès. L'industrie des substances explosives utilise en outre, entre autres matières, quelques solvants, principalement l'alcool, l'éther, l'acétone.

La consommation d'acide sulfurique est le plus souvent et avec juste raison, prise comme base pour apprécier dans un pays l'état de développement des industries chimiques.

Avant la guerre, nous produisions annuellement environ douze cent mille tonnes d'acide dans les chambres de plomb et notre fabrication d'acide fumant dit oléum (procédés de contact) était seulement de 6.000 tonnes.

Au cours des hostilités, de nombreuses et puissantes installations nouvelles furent créées et, à la fin de la guerre, notre production annuelle totale était voisine de 2.000.000 de tonnes d'acide des chambres, et de 300.000 tonnes d'oléum. Les pyrites nécessaires étaient, pour une bonne part, de provenance étrangère — Espagne, Por-

tugal, Italie — en partie par voie de terre à cause des dangers de la guerre sous-marine. en 1917. notre production nationale de pyrite fut de 270.000 tonnes et nos importations s'élevèrent à 350.000 tonnes.

Quant à l'acide nitrique, notre consommation de nitrate venant du Chili. était annuellement de 320.000 tonnes dont les $7/8$ (280.000 tonnes) allaient comme engrais à l'agriculture.

En 1916. nos importations atteignirent 540.000 tonnes et la presque totalité fut absorbée par la fabrication des munitions, au grand préjudice de notre agriculture. qui en souffrit beaucoup. comme elle souffrit de la pénurie des superphosphates.

En raison des difficultés créées par la guerre sous-marine, il fallut faire acte de prévoyance et l'on s'organisa pour une fabrication synthétique de l'acide nitrique.

Deux procédés furent mis en œuvre.

L'oxydation directe de l'azote (c'est-à-dire combustion de l'azote, et la combustion de l'ammoniaque).

C'est surtout en Norvège. que, avant la guerre, se pratiquait dans l'arc électrique. l'oxydation de l'azote, une usine fut installée à Pierrefitte (Hautes-Pyrénées), donnant une production journalière d'une douzaine de tonnes. Dans le second procédé, qui a été principalement utilisé, on oxydait l'ammoniaque par l'oxygène en présence de platine agissant comme catalyseur.

Ce précieux métal. qui venait principalement de Russie. étant devenu de plus en plus difficile à importer, on dut en faire la réquisition générale.

Quant à l'ammoniaque, la production par distillation de la houille, d'ailleurs insuffisante, étant réservée à d'autres usages, elle fut préparée par l'action de l'eau sans pression sur la cyanamide calcique (formation de carbonate de chaux), elle-même obtenue par fixation de l'azote sur le carbure de calcium.

Il fallut augmenter corrélativement la production du carbure (au four électrique).

L'azote lui-même fut extrait de l'air atmosphérique par liquéfaction et distillation fractionnée, de l'air liquide; l'oxygène séparé servait principalement pour les chalumeaux oxhydriques et oxyacétyléniques utilisés dans le travail des métaux.

Nous avons pu fabriquer pendant la guerre plus de 60.000 tonnes d'acide nitrique synthétique.

Pour la cyanamide, notre production annuelle, qui, avant guerre était de 8.000 tonnes a pu atteindre le chiffre de 100.000 tonnes.

La production totale d'acide nitrique, qui était de 15.000 tonnes par mois avant guerre, passa à 50.000 tonnes dans les derniers mois des hostilités.

Nous ne citerons qu'à titre d'indication, les travaux de Haber en Allemagne, qui, par un procédé spécial, combinait les deux gaz hydrogène et azote en chauffant leur mélange vers 500°, sous de fortes pressions (200 atmosphères et plus) en présence de catalyseurs appropriés.

En France, des essais dans la même voie ont été méthodiquement poursuivis et ils ont donné des résultats fort encourageants (Guichard, du laboratoire Urbain).

Il a été constaté, conformément aux prévisions de la loi du déplacement de l'équilibre de Le Chatelier, que l'élévation de la pression (100 atmosphères selon Georges Claude), facilitait considérablement la combinaison.

Le résultat de cette fabrication de l'ammoniaque par union directe des éléments est en France une grande et belle industrie.

Nous ne parlerons pas de la fabrication de l'alcool, et de l'éther que tout le monde connaît.

III

CHIMIE ET AVIATION

Nous aborderons donc un autre champ où la chimie est intervenue en rendant d'immenses services : l'aéronautique.

On ne se doute généralement pas de tout ce que l'aéronautique doit à la chimie.

Si tout le monde sait que les ballons sont gonflés (le plus souvent) à l'hydrogène, on ignore qu'il n'y a pour ainsi dire pas un seul organe des appareils aériens, dont le fonctionnement ait pu être assuré, sans l'intervention, souvent essentielle, du chimiste.

Métaux ou alliages, constituant les moteurs, ou autres pièces métalliques, essences et huiles lubrifiantes, vernis et enduits des enveloppes de dirigeables et des ailes d'avions, etc..., toutes ces matières, dont la qualité est d'un intérêt fondamental non seulement pour la régularité et la sécurité du vol, mais pour sa possibilité même, ressortissent directement à la chimie, qui se trouve ainsi avoir une part considérable dans la conquête de l'air.

De même, la photographie aérienne, qui joue dans la guerre, un rôle capital, est surtout un problème chimique.

La plupart des questions d'aéronautique d'ordre chimique intéressent directement l'automobilisme.

Durant la guerre, les ballons ont été gonflés avec de l'hydrogène provenant de trois sources différentes :

- 1° Electrolyse.
- 2° Action du silicium sur les lessives alcalines.
- 3° Fermentation avec de l'hélium.

Ce gaz a été spécialement recherché par MM. Moureu, Biquard, Lepape dans les gaz thermaux :

Bourbon-Lancy contient 2 %.

Maizières 6 %.

Sautenay 10 %.

Quoiqu'il en soit, le gonflement des ballons à l'hélium, gaz absolument ininflammable est entré dans la pratique courante et ainsi les voyages en dirigeables se font avec une sécurité inconnue jusqu'en 1914.

C'est dans la recherche des métaux qu'on aperçoit toute l'importance du rôle du chimiste, collaborateur indispensable du métallurgiste, analysant les aciers, dosant les divers constituants du nouvel alliage à créer, qui lui communiqueront, moyennant un traitement thermique approprié, telle ou telle qualité : dureté, ténacité, résistance à la traction, inaltérabilité aux températures élevées des gaz de l'explosion, etc... étudiant en outre pour chaque pièce, l'acier, qui conviendra le mieux selon les conditions de température à atteindre et de travail mécanique à fournir, c'est ainsi que sont étudiés les aciers au nickel, au chrome, au tungstène, au silicium, les aciers mangano-siliceux, au nickel chrome, au chromotungstène. Il ne faut pas omettre l'aluminium qui, en raison de sa légèreté (sa densité 2,6 est voisine de celle du verre) a trouvé dans l'aéronautique, quantité d'applications.

La France est privilégiée, au point de vue de l'industrie de l'aluminium; elle possède à proximité de ses centres d'énergie hydroélectrique des gisements importants de bauxite (alumine) et l'électrolyse de la bauxite conduit à l'aluminium.

Le duraluminium, alliage composé d'aluminium 93 %, cuivre 3 %, manganèse 0,60, zinc 0,25, magnésium 0,43, silicium 0,58, fer 0,53 est particulièrement remarquable par son élasticité, sa résistance à la rupture et sa dureté, qualités qui intéressent au plus haut point les constructeurs.

Il existe, en outre, diverses matières employées en aéronautique, pour lesquelles le chimiste est souvent consulté; les essences pour moteurs, les huiles de graissage, les liqueurs incongelables pour le refroidissement des moteurs, les enduits et les vernis des ailes d'avion.

Ces derniers ont fait l'objet de nombreuses recherches tant au point de vue de l'acétylcellulose et de ses solvants spéciaux, que des diverses résines synthétiques employées dans les vernis.

IV

CHIMIE ET CAMOUFLAGE

Dissimuler les troupes et leurs mouvements à la vue de l'ennemi, dérober à ses yeux et à ses autres moyens d'investigation le matériel, les travaux, les installations de toutes sortes, constitue dans l'offensive une condition essentielle de réussite et, dans la défensive, une nécessité de tous les instants.

L'organisation du camouflage, qui n'avait pas été envisagé, finit par prendre une grande place dans la guerre, on mit un certain temps à en saisir toute l'importance.

Comme toutes les spécialités de l'art de la guerre, le camouflage, pour atteindre un haut degré de perfection nécessite le concours de presque toutes les sciences et plus spécialement de la physique et de la chimie.

La physique intervient avec la chimie pour tout ce qui touche à la photographie, pour tout ce qui permet par la forme ou par la couleur de déceler un camouflage.

On sait, par exemple, qu'à travers certaines combinaisons de verres colorés, les couleurs même les plus homogènes à l'œil nu sont dissociées.

C'est ainsi que dans une prairie, une zone un peu plus jaune qu'une autre, ou d'une qualité de vert un peu différente pourra apparaître tout à fait rouge à travers certains écrans colorés, tandis que le vert environnant deviendra bleu.

Quant aux plaques photographiques, on a réussi, en incorporant aux émulsions divers colorants (plaques orthochromatiques) à les rendre sensibles à toutes les couleurs du spectre et à déceler en particulier les moindres nuances des verts.

D'ailleurs, le rôle de la physique ne se limite pas à l'investigation; on entrevoit pour elle, en outre, un rôle très vaste, d'exécution dont le camouflage géométrique des bateaux et des avions n'a pu donner qu'une idée imparfaite.

Il s'agirait, par des trucs d'optique, de modifier complètement la forme et le volume des objets, mais c'est le secret de l'avenir, nous en parlons seulement pour montrer, combien inattendues sont parfois les applications des sciences. Ce sont les applications de la chimie qui, entre toutes, ont joué ici le rôle le plus important.

Le camouflage a surtout mis en œuvre deux procédés très distincts :

— L'emploi de nuages artificiels, susceptible de former un véritable rideau en avant des troupes à masquer d'une part et d'autre part. l'application, sur les uniformes, sur le matériel et les installations de combinaisons de couleurs variées imitant les paysages naturels.

L'utilisation de substances fumigènes pour masquer les manœuvres de guerre fut inaugurée par les Allemands à la bataille navale du Jutland, c'est à l'abri d'immenses nuages artificiels, que la flotte de l'amiral von Sheer, poursuivie par les escadres des amiraux Jellicoe et Beatty put prendre la fuite et échapper au désastre.

Le fumigène mis en œuvre était un mélange de chlorhydrate sulfurique : SO_2HCl et d'anhydride sulfurique

SO² qui donne immédiatement au contact de l'air, sous l'action de la vapeur d'eau présente d'épaisses fumées blanches, on versait le produit sur de la chaux vive et la réaction dégageait la chaleur nécessaire à la vaporisation.

Les chlorures de métaux communs jouissent de propriétés fumigènes à la condition d'être employées en vapeur à température élevée.

Nous rattacherons au camouflage par les fumées la question dite des antilueurs.

Quand le canon tire, il émet une lueur, on devait s'efforcer d'éteindre ou d'atténuer le plus possible cette lueur pour empêcher le repérage pendant les tirs de la nuit. On y a réussi pour les canons des divers calibres en introduisant dans les charges de poudres B soit des sachets au bioxalate, ou mieux au bitartrate de potasse, soit des pastilles au dinitrotoluène salpêtré. Les Allemands paraissent avoir fait un assez grand usage de sachets au chlorure de potassium.

D'autre part, on a étudié des poudres B auxquelles on avait incorporé des substances à haute teneur en carbone (vaseline, pâte de bois), mais sans avoir pu arriver à une solution pratique.

Nous noterons seulement à titre documentaire dans cette section du camouflage, la question de l'uniforme, le camouflage du matériel et des installations, des avions et des ballons.

CHIMIE ET INTENDANCE

L'entrain et le moral des troupes dépendent, pour une part très large, de la façon dont elles sont nourries et soignées; l'armement le plus formidable serait inutile entre les mains d'un soldat épuisé par les privations.

La tâche accomplie par le service de l'Intendance qui, pendant cinq ans, dut nourrir, habiller et équiper des armées de plusieurs millions d'hommes est formidable; cependant, les nécessités auxquelles répond ce service sont si profondément liées à la nature même de l'homme, que c'est à peine si l'on est porté à accorder quelque mérite à ceux qui sont chargés d'y subvenir.

La mobilisation ne prit pas au dépourvu l'Intendance des armées françaises, les stocks de vivres, d'habillement et d'équipement étaient au complet, nos places fortes étaient prêtes à recevoir les importants contingents qui devaient les défendre et les approvisionnements destinés à leur subsistance n'y faisaient point défaut.

La rapidité et l'ordre avec lesquels la mobilisation s'effectua étonnèrent nos adversaires et surprirent les Français eux-mêmes, pourtant si enclins à la critique.

Pendant la durée de la guerre, la diminution de la production nationale et la difficulté des importations aggravèrent considérablement une tâche déjà très ardue.

Malgré cela, le service de l'Intendance s'acquitta tou-

jours de son rôle dans des conditions qui font honneur à son esprit d'initiative et à ses facultés d'adaptation rapide aux circonstances.

Dès le temps de paix, l'Intendance savait apprécier et mettre à profit la collaboration des techniciens et en particulier celle des chimistes.

Quatre laboratoires distincts et autonomes permettaient à la fois, l'étude des questions soumises à la section technique de l'Intendance et le contrôle de toutes les fournitures concernant l'alimentation, l'habillement, le campement et le couchage.

Durant la guerre, ces laboratoires durent suffire à une tâche écrasante. Certains laboratoires civils, qui furent militarisés, notamment celui de l'Ecole de Tannerie, attaché à la Faculté des Sciences de l'Université de Lyon, leur apportèrent une collaboration des plus efficaces. Le rôle des chimistes, dans cette branche importante de l'activité militaire fut certainement moins retentissant que dans d'autres directions, telles que la guerre des gaz, par exemple.

Aux armées, l'Intendance a surtout un rôle de répartition et de distribution. Aucun service chimique ne lui est affecté particulièrement; elle fait appel aux laboratoires qui sont placés sous la direction du service de santé.

Au commencement de la guerre, chaque armée ne possédait qu'un seul laboratoire susceptible de faire quelques analyses chimiques. Il était placé sous la direction d'un médecin.

Un pharmacien, presque toujours choisi parmi les officiers du cadre actif, assisté d'un ou deux aides seu-

lement, avait pour rôle d'effectuer sur place toutes les analyses médicales, expertises médico-légales, analyses alimentaires, etc...

Le service de l'Intendance lui adressait des échantillons de denrées réquisitionnées et le chargeait d'examiner les approvisionnements ennemis tombés entre nos mains (ceux-ci étaient assez souvent avariés ou rendus inutilisables).

Depuis la mise en vigueur du règlement de 1912, sur le service de santé en campagne, il existait dans chaque corps d'armée une section d'hygiène et de prophylaxie placée sous la direction d'un médecin.

Cette formation était rattachée au groupe de brancardiers de corps. Son matériel comprenait les appareils et instruments nécessaires aux analyses de bactériologie médicale les plus courantes.

En mai 1915, un pharmacien fut adjoint à chaque section d'hygiène et de prophylaxie; il avait pour rôle de centraliser tout ce qui concernait la défense contre les gaz, il devait aussi prêter son concours au laboratoire d'armée.

Les analyses d'eau potable entraient dans ses attributions, il analysait également les échantillons de denrées alimentaires prélevées chez les commerçants de la zone des opérations.

L'exploitation éhontée dont nos soldats étaient l'objet amena la direction de l'Intendance à créer un service d'auto-bazars qui se rendaient jusque dans les cantonnements les plus rapprochés des lignes.

Cette mesure fut complétée par d'autres, telle que la cession aux ordinaires à des prix bien inférieurs à ceux

du commerce de toutes sortes de denrées dont les gestions de subsistances furent approvisionnés.

Les laboratoires de division « dits laboratoires de toxicologie » furent créés, comme nous le verrons à propos du service de santé en juin-juillet 1915 et rattachés aux groupes de brancardiers divisionnaires.

Ils étaient spécialement affectés à la défense contre les gaz et à l'examen des eaux potables.

L'Intendance n'eut que très rarement l'occasion de faire appel à leur concours.

En dehors de ces laboratoires, les chimistes eurent encore à s'occuper de la récupération des issues provenant des centres d'abats, récupération des matières grasses, récupération du sang desséché et autres déchets susceptibles de fournir des engrais à l'agriculture.

Nous signalerons encore, comme exemple de récupération, celle des vieilles boîtes de conserves, dont le métal servit à préparer le tétrachlorure d'étain nécessaire à l'emploi des gaz de combat. •

La déclaration de guerre, le 3 août 1914, surprit le Service de Santé en pleine période de transformation et de réorganisation.

Les seuls médicaments et pansements disponibles pour les besoins des armées étaient réunis dans des unités dites : approvisionnements de guerre.

Ces approvisionnements avaient été constitués pour trois mois, ils furent épuisés en quinze jours.

Les deux établissements pharmaceutiques centraux : la Pharmacie centrale de l'Armée à Paris et la Réserve des Médicaments à Marseille, de même que les Pharmacies des Hôpitaux, étaient à peu près dépourvus de mé-

dicaments, le mois d'août étant la période normale de reconstitution des approvisionnements.

Pour remédier à une situation aussi critique et fournir aussi bien aux armées qu'aux formations sanitaires de l'intérieur, les médicaments, qui leur étaient indispensables, le service pharmaceutique dut créer sans délai deux autres établissements centraux, 16 pharmacies régionales et 24 stations-magasins.

Ces établissements, malgré toute les difficultés et les menaces d'investissement de Paris, qui paralysèrent le commerce de la droguerie, furent approvisionnés en quelques semaines.

Le service pharmaceutique dans le même temps achevait l'organisation et la fabrication des pansements individuels.

Le Service vétérinaire manquait de matériel et de médicaments, et son réapprovisionnement n'était pas organisé.

La création de 18 stations-magasins du Service de santé comprenant chacune une section vétérinaire, permit de combler cette lacune et d'assurer le ravitaillement des armées.

C'est grâce à cette organisation réalisée en l'espace de quelques mois, que le Service pharmaceutique a pu faire face à tous les besoins de médicaments et matériel technique de nos armées.

Il a fourni, en outre, des quantités importantes de médicaments à notre marine nationale, à nos colonies, aux Sociétés d'assistance, aux armées alliées.

En 1916-1917, il a livré 400 pharmacies de secours pour les régions françaises envahies et libérées.

A la suite des ravages causés par le paludisme en Macédoine, en 1916, il fallut faire face, pour les besoins de la prophylaxie, aux demandes de quinine nécessaires à l'armée française d'Orient et aux armées grecque et serbe.

Or, en 1917, le gouvernement hollandais interdisait l'importation en France des écorces de quinquina devant servir à la préparation de la quinine.

Après de longues et laborieuses négociations, on aboutit à la conclusion d'un contrat qui accordait annuellement au gouvernement français la quantité d'écorces correspondant à 90 tonnes de sulfate de quinine.

Le Service de santé de l'armée répartissait les écorces entre les quatre fabricants français, suivant leur capacité de production.

La consommation totale de la quinine, qui était de 20 tonnes au maximum avant la guerre, alla sans cesse en augmentant, pour atteindre 90 tonnes en 1918, savoir :

- 40 tonnes pour l'armée d'Orient;
- 15 tonnes pour l'armée grecque;
- 8 tonnes pour l'armée serbe;
- 10 tonnes pour l'Algérie et les colonies;
- 17 tonnes pour l'armée continentale et la population civile.

Pendant l'hiver 1918-1919 le Service de santé put venir en aide à la population civile partout si durement éprouvée par la grippe et il mit à la disposition du ministre du Commerce, pour cet objet, les produits indispensables.

Enfin, en février 1919, le Service de santé constituait, dans les régions libérées, en liaison avec les préfets des

départements, d'importants approvisionnements de médicaments et de matériels.

Les Etablissements centraux du Service pharmaceutique ont aussi fourni tout le matériel de bactériologie, physique, chimie et radiologie nécessaire à la constitution et au fonctionnement des laboratoires de chimie et de bactériologie, des automobiles chirurgicales, des salles d'opération, des installations radiologiques, électrothérapiques et mécanothérapiques.

Il est intéressant de signaler que, pour répondre à ces besoins, le service pharmaceutique a notamment créé un atelier pour la fabrication des thermomètres médicaux (au fort de Vanves).

Cet établissement utilisait, au début, la main-d'œuvre de prisonniers allemands spécialistes dans cette fabrication, laquelle était exclusivement allemande avant la guerre.

Il a pu fournir la majeure partie des thermomètres nécessaires au Service de santé, et a constitué un centre d'instruction professionnelle à la portée de tous, où tous les constructeurs ont pu envoyer des stagiaires et profiter eux-mêmes des enseignements et de l'expérience acquise pour créer en France une industrie jusque-là entre les mains de nos ennemis.

L'atelier des thermomètres continue à fonctionner, on emploie la main-d'œuvre féminine et les mutilés.

Revenons aux laboratoires de toxicologie, comme nous le disions tout à l'heure.

Le Service pharmaceutique de l'armée n'a pas seulement assuré l'approvisionnement des armées et des formations sanitaires de l'intérieur en matériel spécial et en

médicaments; il a, en outre, largement contribué, par de nombreux laboratoires établis sur tout le front, à l'amélioration de l'hygiène et à la sauvegarde de la santé de nos troupes.

En mai 1915, on s'aperçut que les Allemands avaient empoisonné quelques puits des territoires qu'ils évacuaient, craignant qu'ils ne se livrent à cette pratique criminelle d'une manière systématique, au fur et à mesure de leur recul escompté, on créa des laboratoires de toxicologie, qui suivraient les mouvements des armées et rechercheraient les substances vénéneuses dans les eaux et les matières alimentaires.

La guerre de stationnement, succédant à la guerre de mouvement, ne permit pas aux laboratoires de toxicologie de remplir strictement le rôle pour lequel ils avaient été créés.

On les pourvut d'un petit matériel complémentaire, et ils devinrent bientôt, sous la direction de pharmaciens du cadre actif et du cadre de réserve, choisis parmi les plus instruits (professeurs, agrégés, chefs de travaux, préparateurs des écoles de pharmacie, docteurs en pharmacie, anciens internes, docteurs ou licenciés ès sciences).

Ces laboratoires, au cours de la guerre, furent chargés : de l'examen des eaux potables dans les secteurs, de leur surveillance et de leur épuration chimique; de la surveillance des matières alimentaires, des analyses biologiques demandées par les médecins, soit pour éclairer leur diagnostic, soit pour dépister les simulateurs; des prélèvements d'échantillons de produits destinés à la détermination de la nature des gaz lancés par l'ennemi, de l'hygiène et de la désinfection des cantonnements (jus-

qu'à la création des équipes sanitaires spéciales en 1916), de conférences et démonstrations pratiques relatives à la protection contre les gaz asphyxiants.

Le nombre des laboratoires de toxicologie de 40 en mai 1915 fut rapidement porté à 120 puis à 217; il y en avait 250 en 1918.

Ces organismes ont rendu de grands services. Toutefois, comme ils ne disposaient que d'une installation et d'un outillage fort sommaire, ils n'étaient pas en mesure d'exécuter toutes les analyses dont certaines étaient particulièrement délicates.

Le cas échéant, la tâche incombait aux laboratoires d'armée pourvus d'un matériel complet, qui étaient, en outre, chargés des expertises ou recherches de toute nature intéressant la santé et l'hygiène.

VI

CHIMIE DANS LES SOUS-MARINS

Si la santé et l'hygiène intéressent les terriens, qu'est-ce que ce sera dans la navigation sous-marine?

Le problème de la vie en vase clos se présente sous sa forme absolue dans l'atmosphère des sous-marins.

La solution générale a été apportée dès l'année 1899 par les travaux des professeurs Desgrez et Balthazard, qui ont établi et utilisé la propriété que présente le peroxyde de sodium de se décomposer, à froid, par l'action de l'eau seule en produisant l'oxygène nécessaire à la vie, réaction fortement oxydante, capable de détruire les substances toxiques et volatiles éliminées par l'organisme, tout en fournissant la soude nécessaire à la fixation du gaz carbonique.

Les publications de MM. Desgrez et Balthazard furent d'abord mises à profit par l'Amirauté anglaise pour ses sous-marins.

Elles l'ont été plus tard par la marine française à la suite d'un travail et d'un rapport de M. Henry, pharmacien-chimiste de la marine.

Ces recherches, effectuées avec le peroxyde mixte de potassium et de sodium à bord de l'*Argonaute*, ont montré que l'équipe d'un sous-marin peut supporter, sans malaise et sans gêne respiratoire, des plongées de dix-huit heures et même de plus longue durée.

Plus récemment, sans doute par suite de l'épuisement des provisions de peroxyde alcalin, on a employé en particulier dans les sous-marins de grande dimension où la régénération de l'air devait être moins rigoureuse, des bouteilles d'oxygène comprimé, en utilisant la soude pour fixer le gaz carbonique.

Il faut remarquer que ce procédé ne présente pas, comme celui au peroxyde l'avantage de détruire les germes et les substances volatiles toxiques dont se chargent rapidement les atmosphères confinés.

La présence d'hydrogène arsénié dans l'air des sous-marins ayant été constatée à la suite d'intoxications, que l'on croyait d'origine alimentaire, une commission d'étude des accumulateurs de sous-marins fut constituée en novembre 1916.

Des mesures provisoires furent aussitôt prises pour enrayer le plus possible les intoxications, tandis qu'une série de recherches étaient poursuivies très activement en vue d'y mettre fin d'une manière radicale et dans le plus bref délai.

La Commission chercha les moyens d'absorber les gaz toxiques et adopta finalement deux types d'appareil :

l'un au permanganate, de M. Tissot;

l'autre au nitrate d'argent, étudié par MM. Bertrand et Javillier.

L'utilisation de ces appareils, avec les mesures rationnelles, qui purent être prises, permirent de lutter efficacement contre les dangers des gaz des accumulateurs et de rendre les navires sous-marins à leur destination.

VII

CHIMIE DES MATIERES COLORANTES EN HISTOLOGIE ET BACTERIOLOGIE

Tel est le bilan des services rendus par la chimie, soit aux armées, soit à l'armée.

Pour terminer, nous ne pouvons pas ne pas parler du rôle de la chimie dans ses rapports avec la microbiologie et l'histologie, point important et qui est la base de nos laboratoires.

Le rôle de la chimie, dans ses rapports avec la microbiologie, n'est pas limité à l'étude, d'ailleurs essentielle, des produits élaborés par les organismes.

On utilise couramment, dans les laboratoires de microbiologie, des substances chimiques (sels ammoniacaux, phosphates, sucres, pour la préparation des bouillons de culture et des matières colorantes pour la détermination des espèces microbiennes et les diagnostics bactériologiques.

En histologie et en microbiologie, non seulement on emploie des matières colorantes naturelles telles que l'hématoxyline, l'hémateine, le carmin de cochenille, etc., mais encore et surtout un grand nombre de colorants artificiels.

Les éléments anatomiques, les bactéries, les microbes,

par suite d'une affinité élective, se teignent d'une manière spécifique, quand ils sont mis en contact avec des solutions de colorants appropriés, de là certaines facilités pour les distinguer les uns des autres et les identifier.

La pureté absolue des produits est indispensable si l'on veut obtenir des résultats constants et comparables.

Avant la guerre, les Allemands avaient monopolisé la production de ces matières colorantes.

Nos laboratoires purent aisément fonctionner jusqu'en 1916, grâce à des stocks existant dans le commerce et les magasins du Service de santé.

A cette époque les réserves commencèrent à s'épuiser.

On réussissait bien encore à se procurer quelques produits allemands par l'intermédiaire de la Suisse, mais à des prix exorbitants (600 % de majoration).

En août 1914, M. Agulhon, à l'instigation du D^r Roux, directeur de l'Institut Pasteur, entreprit de fabriquer, dans les laboratoires mêmes de cet établissement, les principaux colorants spéciaux pour recherches médicales.

Dès la fin de 1917, non seulement les laboratoires de l'armée française, mais aussi ceux de l'armée américaine, purent être nantis des produits nécessaires, et une partie de la production servit même à pourvoir les laboratoires privés, ceux de nos alliés et ceux de certains neutres.

Les matières colorantes, qui furent fabriquées, appartiennent à différentes classes :

Colorants nitrés, colorants azoïques, colorants dérivés de la quinone-imine (thiazolines et thiazones, oxazines,

oxazones, eurrhodines, safranines, indulines), colorants dérivés du diphénylméthane et du triphénylméthane, colorants dérivés des phtaleines, soit en tout plus de 40 colorants.

Comme les colorants doivent être purifiés à fond, comme certains demandent une charge spéciale, qui facilite la teinture des éléments figurés, il fallut, pour chacun d'eux, faire des séries d'essais, comportant des soins spéciaux délicats et de nombreux tours de main.

Par exemple, le bleu de méthylène, tel que le fournit le commerce, est un déplorable colorant histologique et demande une retouche particulière.

Employé comme antiseptique en oculistique, il était présenté par les Allemands sous forme d'un produit indolore, en instillations dans l'œil; un produit analogue a été réalisé par M. Agulhon.

Les produits d'oxydation du bleu de méthylène, azur et violet de méthylène, sont des colorants importants en histologie; c'est avec eux que se préparent des mélanges complexes, qui permettent d'obtenir, sur une même lame, un ensemble de colorations qui différencient les éléments anatomiques.

La fuchsine, si précieuse pour les bactériologiques, était introuvable sur le marché, la fabrication en a été montée à l'Institut Pasteur.

Dans la série des phtaleines, les fabrications de la fluoresceine, de l'érythrosine, qui trouve, en plus, une utilisation en photographie, ont été mises au point.

Près de 20.000 flacons, renfermant 5 à 10 grammes de produit, ont été distribués.

La fabrication est d'ailleurs en plein développement et la liste des colorants s'est notablement accrue depuis la fin des hostilités. A l'heure actuelle, la production dépasse nos besoins et on peut envisager l'exportation.

On ne saurait trop louer le mérite des efforts que représente un si beau résultat.

CONCLUSIONS

Sans doute est incomplète cette liste des applications de la chimie :

- à la métallurgie;
- aux explosifs;
- à l'aviation;
- au camouflage;
- à l'intendance;
- dans les sous-marins;
- à la fabrication des matières colorantes usitées en
Histologie et Bactériologie.

Nous avons omis avec intention les produits pharmaceutiques et les gaz de combat qui à eux seuls feraient le sujet d'une autre thèse.

— La Chimie a pénétré en profondeur presque toutes les branches de l'activité humaine pendant les quatre ans qu'a duré un drame « effrayant et passionné ».

— M. Charles Moureu a très justement écrit qu'entre toutes les sciences :

« La Chimie est celle, dont les applications, au cours de la plus vaste expérience, qu'ait jamais faite l'humanité, ait offert un incontestable caractère d'universalité. »

Elle a une part prépondérante dans la victoire des savants et des chimistes et nous connaissons aujourd'hui la place qu'elle doit occuper dans le système défensif d'une grande nation.

Vu le Doyen :

TIFFENEAU

Vu le Président de thèse :

VILLARET

Vu et permis d'imprimer :

le Recteur de l'Académie de Paris :

G. ROUSSY.

BIBLIOGRAPHIE

1. *La Chimie et la Guerre. Science et Avenir*, par Charles Moureu, membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie de Médecine, professeur au Collège de France.
2. *Chimie et Industrie*, organe de la Société de Chimie industrielle.

